

# 島根原子力発電所 2 号炉 燃料プールにおける 燃料損傷防止対策の有効性評価について

---

令和元年10月  
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

1. 想定事故 1	.....P 2
2. 想定事故 2	.....P 10
3. 審査会合での指摘事項に対する回答	.....P 19

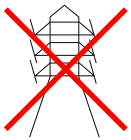
# 1. 想定事故 1

# 1.1 想定事故 1 事象の概要

## 【想定事故 1 の特徴】

- 燃料プールの冷却機能及び注水機能が喪失することを想定する。
- 燃料プールの水温が徐々に上昇し、やがて沸騰して蒸発することによって燃料プールの水位が緩慢に低下することから、緩和措置がとられない場合には、燃料プール水位の低下により燃料が露出し、燃料損傷に至る。

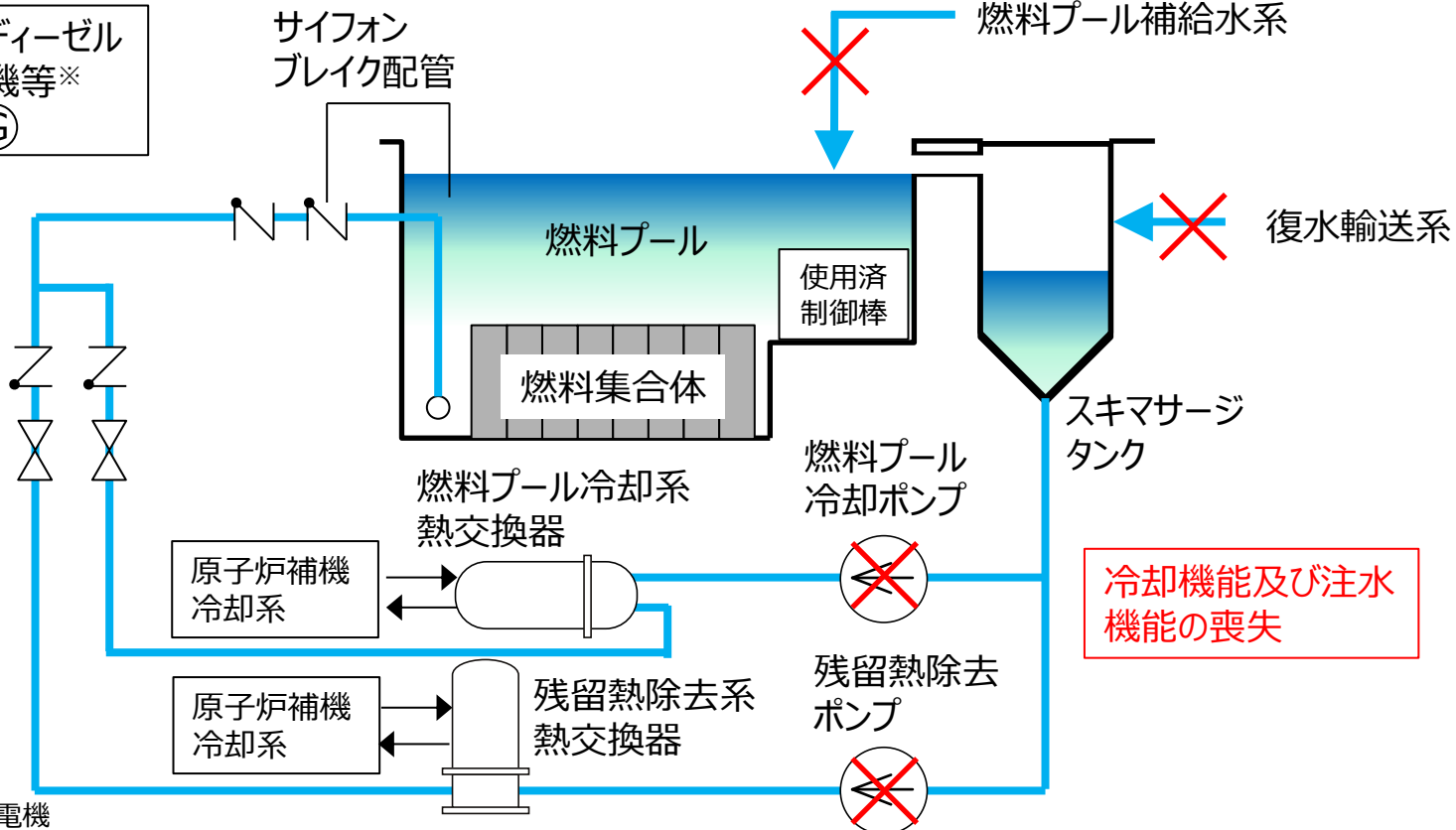
外部電源



非常用ディーゼル  
発電機等※  
Ⓔ

サイフォン  
ブレイク配管

燃料プール補給水系

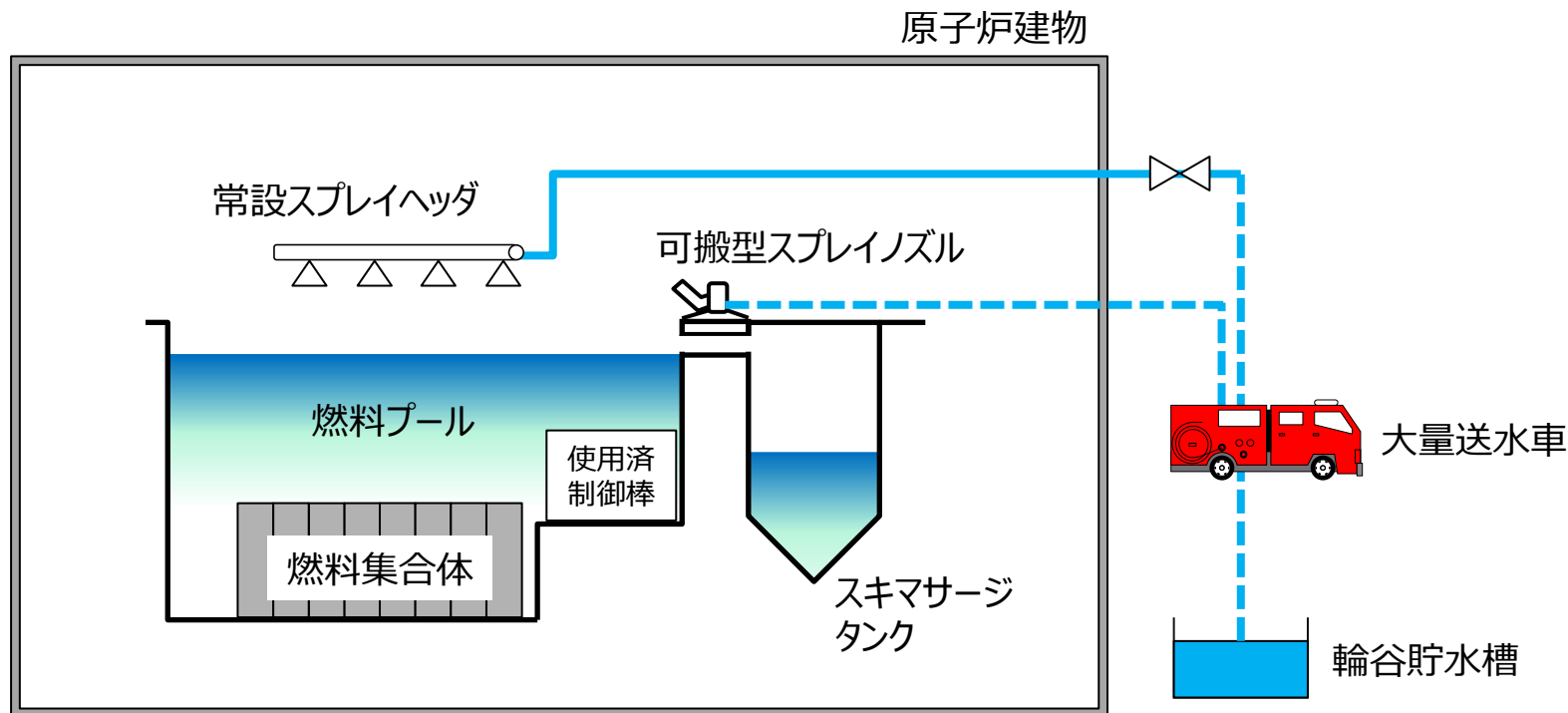


※：非常用ディーゼル発電機及び  
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

## 1.2 想定事故 1 燃料損傷防止対策

### 【想定事故 1 の対策概要】

- ▶ 燃料プールスプレイ系※による燃料プール注水によって、燃料損傷の防止及び燃料プール水位を維持。



※燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）を想定  
 燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）の注水手段が使用できない場合においては、  
 燃料プールスプレイ系（可搬型スプレインズル使用）による対応が可能

— 常設の箇所  
 - - - 可搬の箇所

# 1.3 想定事故 1 主要評価条件

表 1-1 主要評価条件

項目		主要評価条件	条件設定の考え方
初期条件	燃料プール保有水量	約1,599m <sup>3</sup>	保有水量を厳しく見積もるためにプールゲート閉の状況を想定
	燃料プール水位	通常水位	通常水位を設定
	燃料プール水温	65℃	運転上許容される上限値として設定
	燃料の崩壊熱	約7.8MW 【使用済燃料】 取出時平均燃焼度： ・9×9燃料45GWd/t ・MOX燃料33GWd/t	原子炉停止後に最短時間（原子炉停止後10日）で取り出された全炉心分の燃料が，過去に取り出された貯蔵燃料と合わせて，使用済燃料貯蔵ラックに最大体数貯蔵されていることを想定し，ORIGEN 2 を用いて算出
事故条件	安全機能の喪失に対する仮定	燃料プールの冷却機能及び注水機能喪失	燃料プールの冷却機能及び注水機能として，燃料プール冷却系，残留熱除去系，復水輸送系等の機能喪失を設定
	外部電源	外部電源なし	外部電源の有無は事象進展に影響しないことから，資源の観点で厳しい外部電源なしを設定
重大事故等対策に 関連する 機器条件	燃料プールスプレイ系	48m <sup>3</sup> /hで注水	燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）による注水を想定設備の設計を踏まえて設定
重大事故等対策に 関連する 操作条件	燃料プールスプレイ系による燃料プールへの注水	事象発生から約7.9時間後	燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）の系統構成に必要な準備時間は2時間10分であるが，燃料プール水位の低下し始める時間が事象発生から約7.9時間後であることを踏まえて設定

# 1.4 想定事故 1 対応手順の概要 (1/2)

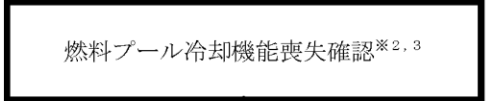
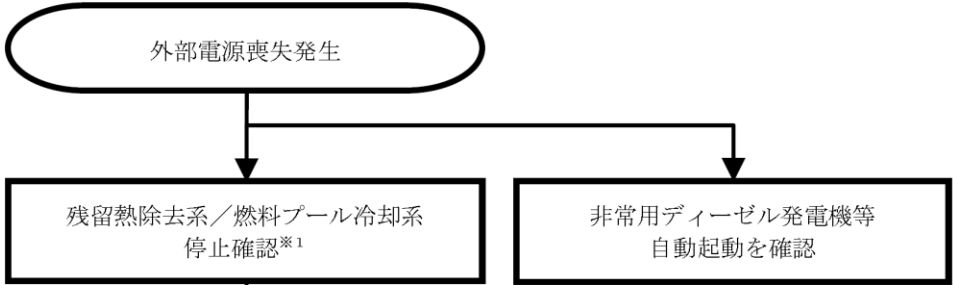
プラント前提条件

- ・プラント停止後 10 日目
- ・全燃料取出し及びプールゲート「閉」



【 】 : 時刻 (評価条件)  
 < > : 時刻 (評価結果)

【0秒】



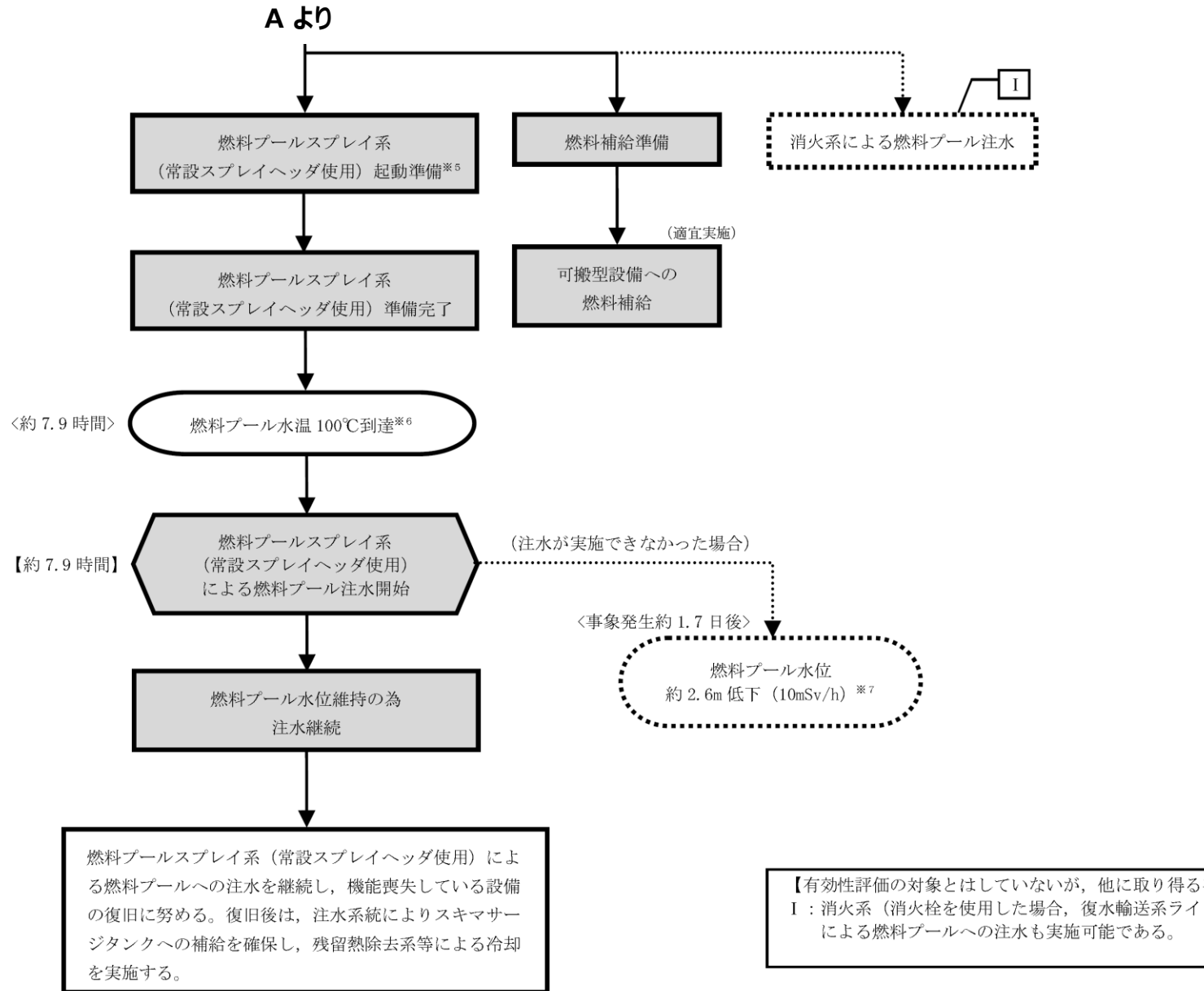
【10分】



A ^

- ※1 : 中央制御室にて各機器の停止を, 燃料プール水位・温度 (SA), 状態表示ランプ, 警報, ポンプ出口流量等により確認する。
- ※2 : 残留熱除去系及び燃料プール冷却系の再起動が困難な場合, 燃料プールの冷却機能が喪失したことを確認する。燃料プールの冷却機能は, 燃料プール水位・温度 (SA), 状態表示ランプ, 警報, ポンプ出口流量等により確認する。
- ※3 : 重大事故等発生を通信連絡設備により確認した現場作業員は退避を実施する。なお, 全ての作業員が退避するまでの時間は, 1時間30分程度である。
- ※4 : 残留熱除去系, 燃料プール補給水系及び復水輸送系の再起動が困難な場合, 燃料プールの注水機能が喪失であることを確認する。燃料プールの注水機能は, 燃料プール水位・温度 (SA), 状態表示ランプ, 警報, ポンプ出口流量等により確認する。
- ※5 : 常設スプレイヘッドが使用できない場合, 可搬型スプレイノズルによる燃料プールへの注水を実施する。
- ※6 : 燃料プール水位・温度 (SA) にて確認する。
- ※7 : 燃料プール水位 (SA) にて確認する。

# 1.4 想定事故 1 対応手順の概要 (2/2)



凡例

- : 操作・確認
- : 判断
- : 操作及び判断
- : プラント状態 (評価)
- : 復旧班要員の作業
- : 運転員と復旧班要員の共同作業
- : 評価上考慮しない操作・確認

【有効性評価の対象とはしていないが、他に取得可能な手段】  
 I : 消火系 (消火栓を使用した場合、復水輸送ラインを使用した場合) による燃料プールへの注水も実施可能である。



# 1.5 想定事故 1 有効性評価の結果

## 【想定事故 1 における有効性評価の結果】

➤ 表1-2に示す評価項目について、評価結果が満足することを確認した。

表1-2 評価結果

評価項目	評価結果	
燃料有効長頂部が冠水していること	冠水を維持（通常水位を維持）	図1-1
放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること	放射線の遮蔽が維持される水位※を確保（通常水位を維持）	図1-2
未臨界が維持されていること	燃料はボロン添加ステンレス鋼製ラックセルに貯蔵されており、未臨界は維持	—

※：必要な遮蔽の目安とした線量率10mSv/hとなる燃料プール水位は、通常水位から約2.6m下の位置

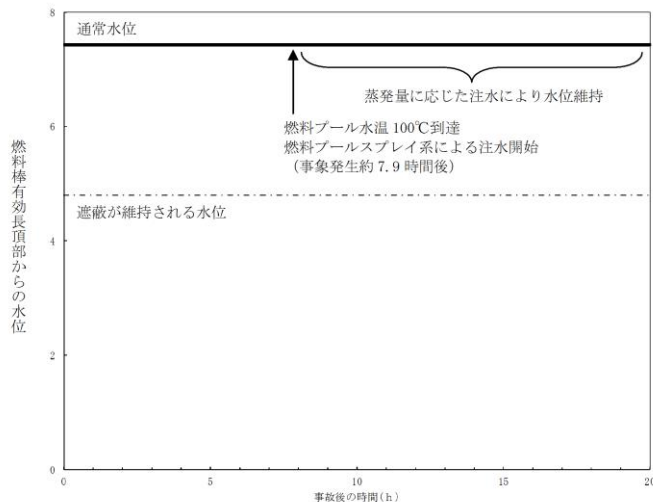


図1-1 燃料プール水位の推移

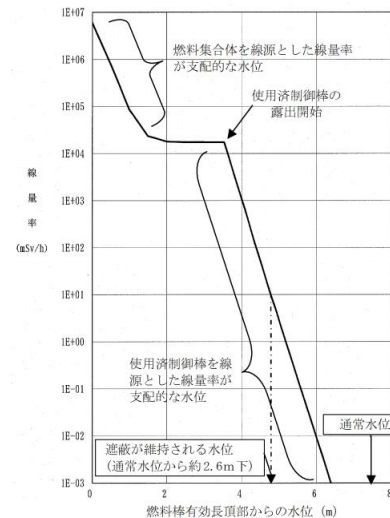


図1-2 燃料プール水位と線量率の推移

## 1.6 想定事故 1 必要な要員及び資源の評価

### 【想定事故 1 における必要な要員及び資源の評価結果】

- 表1-3のとおり，重大事故等対策に必要な要員は，緊急時対策要員にて確保可能であり，また，必要な水源，燃料及び電源を供給可能である。

表1-3 要員及び資源の評価結果

評価項目	必要な要員，数量	保有要員，数量
要員	緊急時対策要員：24名 【内訳】 〔 運転員：3名 通報連絡等※を行う要員：5名 復旧班要員：16名 〕	緊急時対策要員：40名 【内訳】 〔 運転員：5名 通報連絡等※を行う要員：5名 復旧班要員：30名 〕
水源	約2,100m <sup>3</sup>	輪谷貯水槽（西）：約7,000m <sup>3</sup>
燃料	非常用ディーゼル発電機等による 電源供給：約700m <sup>3</sup>	ディーゼル燃料貯蔵タンク ：約730m <sup>3</sup>
	大量送水車の運転継続 ：約11m <sup>3</sup>	ガスタービン発電機用軽油タンク ：約450m <sup>3</sup>
	緊急時対策所用発電機による 電源供給：約9m <sup>3</sup>	緊急時対策所用燃料地下タンク ：約45m <sup>3</sup>
電源	重大事故等対策時に必要な負荷は，非常用ディーゼル発電機等の負荷に含まれることから，非常用ディーゼル発電機等による電源供給が可能である。	

※：指示者1名，連絡責任者1名，連絡担当者3名

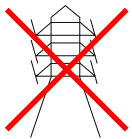
## 2. 想定事故 2

## 2.1 想定事故 2 事象の概要

### 【想定事故 2 の特徴】

- 燃料プール冷却系等の配管破断によるサイフォン現象等により燃料プール内の水の小規模な漏えいが発生するとともに、燃料プール注水機能が喪失することを想定する。
- 燃料プール水位が低下することから、緩和措置がとられない場合には、燃料は露出し、燃料損傷に至る。

外部電源



非常用ディーゼル  
発電機等※

Ⓒ

逆止弁の開固着を想定

サイフォン  
ブレイク配管

燃料プール補給水系

燃料プール

復水輸送系

燃料集合体

使用済  
制御棒

スキマサージ  
タンク

燃料プール冷却系  
熱交換器

燃料プール  
冷却ポンプ

配管破断（全周破断）によりサイフォン現象が発生

原子炉補機  
冷却系

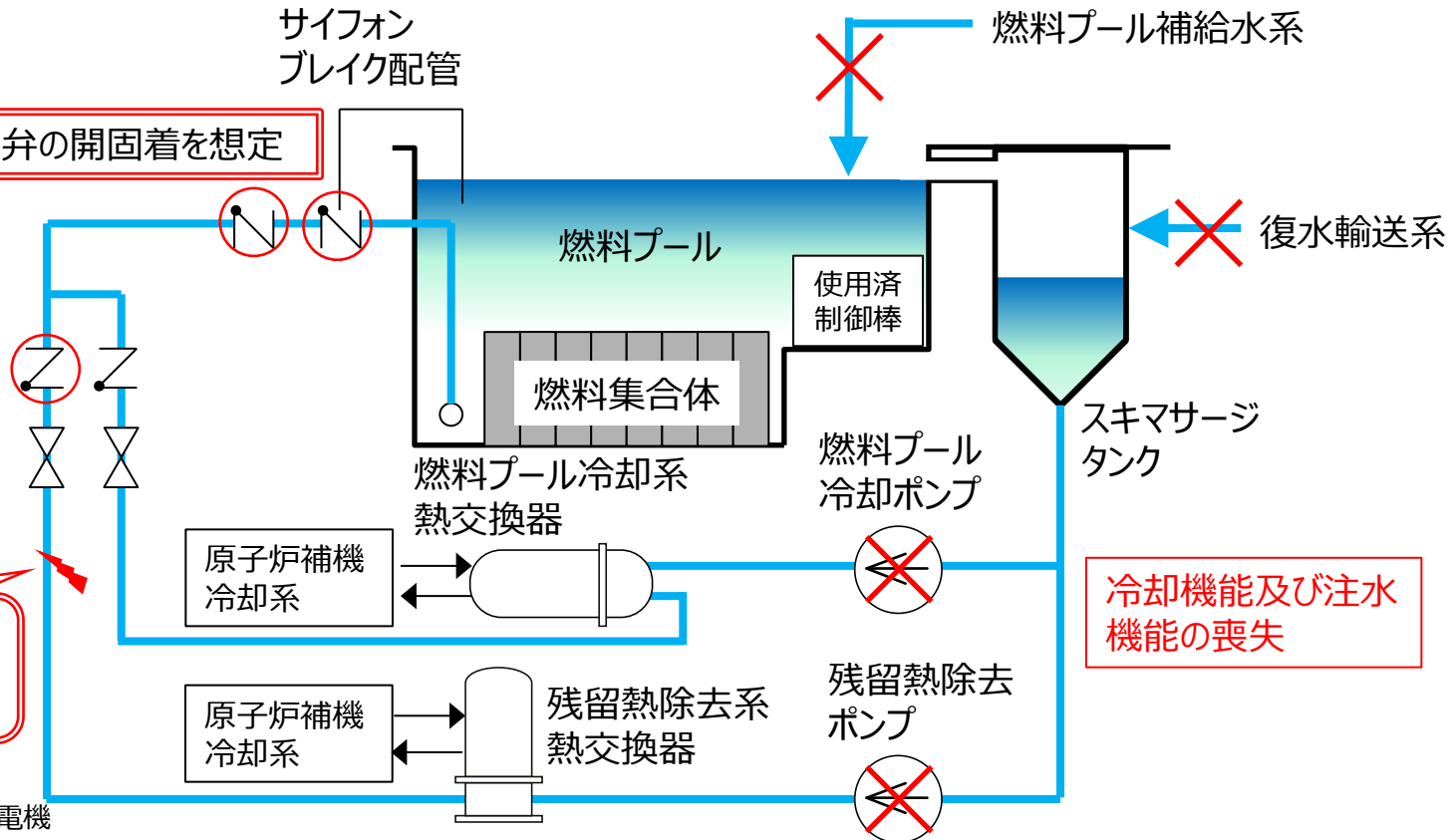
冷却機能及び注水機能の喪失

原子炉補機  
冷却系

残留熱除去系  
熱交換器

残留熱除去  
ポンプ

※：非常用ディーゼル発電機及び  
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

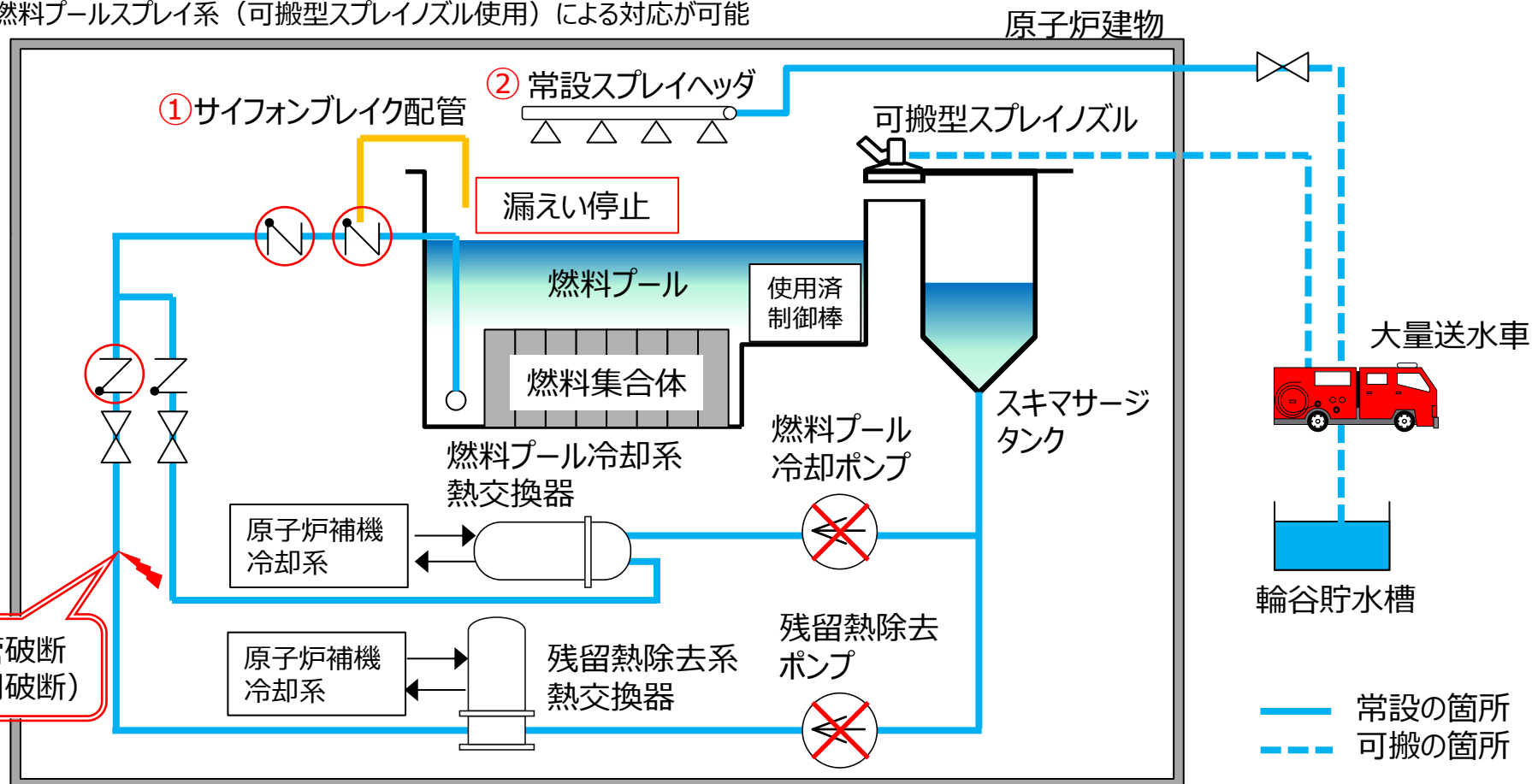


## 2.2 想定事故2 燃料損傷防止対策

### 【想定事故2の対策概要】

- ① サイフォンブレイク配管による燃料プール水の漏えいの停止。
- ② 燃料プールのスプレイ系※による燃料プール注水によって、燃料損傷の防止及び燃料プール水位を維持。

※燃料プールのスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）を想定  
 燃料プールのスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）の注水手段が使用できない場合においては、  
 燃料プールのスプレイ系（可搬型スプレイノズル使用）による対応が可能



## 2.3 想定事故2 主要評価条件

表2-1 主要評価条件 (1/2)

項目		主要評価条件	条件設定の考え方
初期条件	燃料プール保有水量	約1,599m <sup>3</sup>	保有水量を厳しく見積もるためにプールゲート閉の状況を想定
	燃料プール水位	通常水位	通常水位を設定
	燃料プール水温	65℃	運転上許容される上限値として設定
	燃料の崩壊熱	約7.8MW 【使用済燃料】 取出時平均燃焼度： ・9×9燃料45GWd/t ・MOX燃料33GWd/t	原子炉停止後に最短時間（原子炉停止後10日）で取り出された全炉心分の燃料が、過去に取り出された貯蔵燃料と合わせて、使用済燃料貯蔵ラックに最大体数貯蔵されていることを想定し、ORIGEN 2 を用いて算出
事故条件	安全機能の喪失に対する仮定	燃料プールの冷却機能及び注水機能喪失	燃料プールの冷却機能及び注水機能として、燃料プール冷却系、残留熱除去系、復水輸送系等の機能喪失を設定
	配管破断の想定	残留熱除去系配管の全周破断	燃料プール水位が最も低下する可能性のあるサイフォン現象による漏えいとして、残留熱除去系配管の全周破断を想定
	漏えいによる燃料プール水位の低下	事象発生と同時に通常水位から約0.35m下まで低下	燃料プール冷却系配管に設置されている逆止弁については、開固着を仮定する。サイフォンブレイク配管によりサイフォン現象による流出が停止されるため、燃料プール水位は燃料プール冷却系戻り配管水平部高さ付近（通常水位より約0.35m下）までの低下にとどまる。なお、この水位まで瞬時に低下するものとする。
	外部電源	外部電源なし	外部電源の有無は事象進展に影響しないことから、資源の観点で厳しい外部電源なしを設定

## 2.3 想定事故 2 主要評価条件

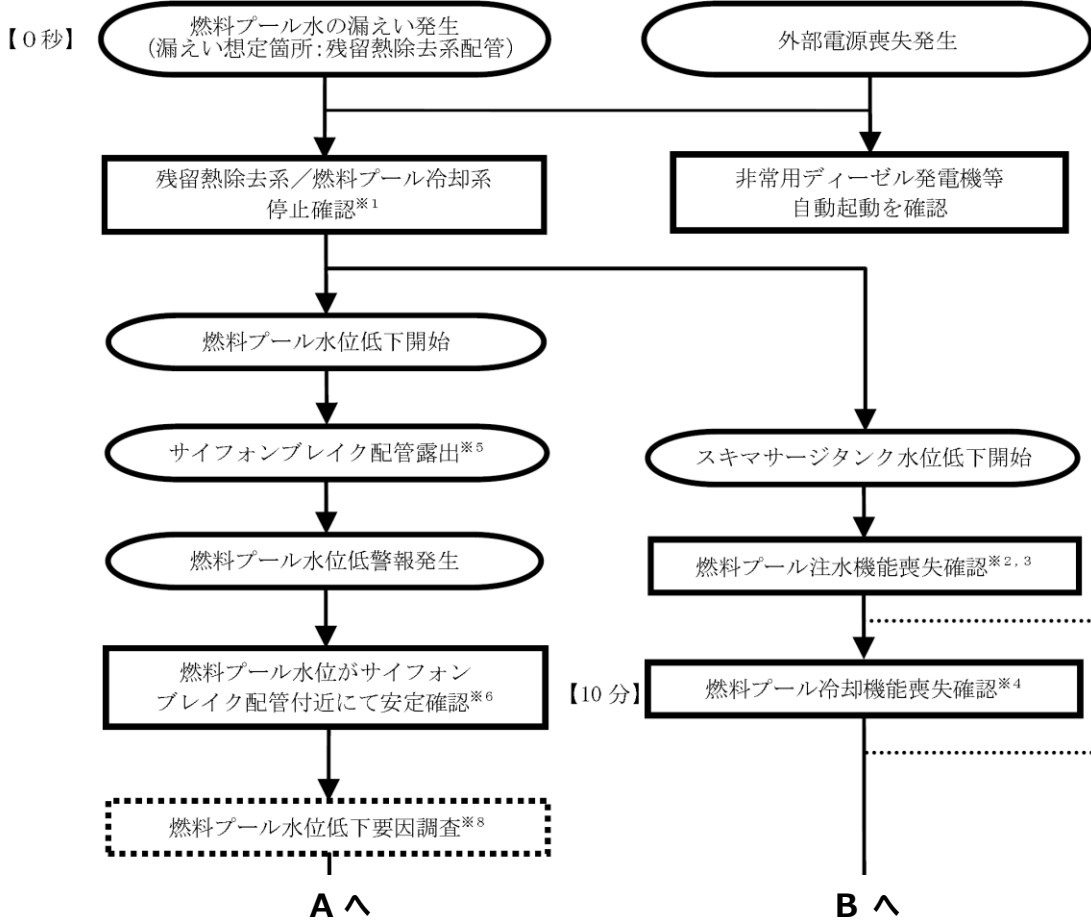
表2-1 主要評価条件 (2/2)

項目		主要評価条件	条件設定の考え方
機器策重大事故等に対する対策	燃料プールスプレイ系	48m <sup>3</sup> /hで注水	燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）による注水を想定設備の設計を踏まえて設定
操作策重大事故等に対する対策	燃料プールスプレイ系による燃料プールへの注水	事象発生から約7.6時間後	燃料プールスプレイ系（常設スプレイヘッド使用）の系統構成に必要な準備時間は2時間10分であるが、燃料プール水位の低下し始める時間が事象発生から約7.6時間後であることを踏まえて設定

# 2.4 想定事故 2 対応手順の概要 (1/2)

プラント前提条件  
 ・プラント停止後 10 日目  
 ・全燃料取出し及びプールゲート「閉」

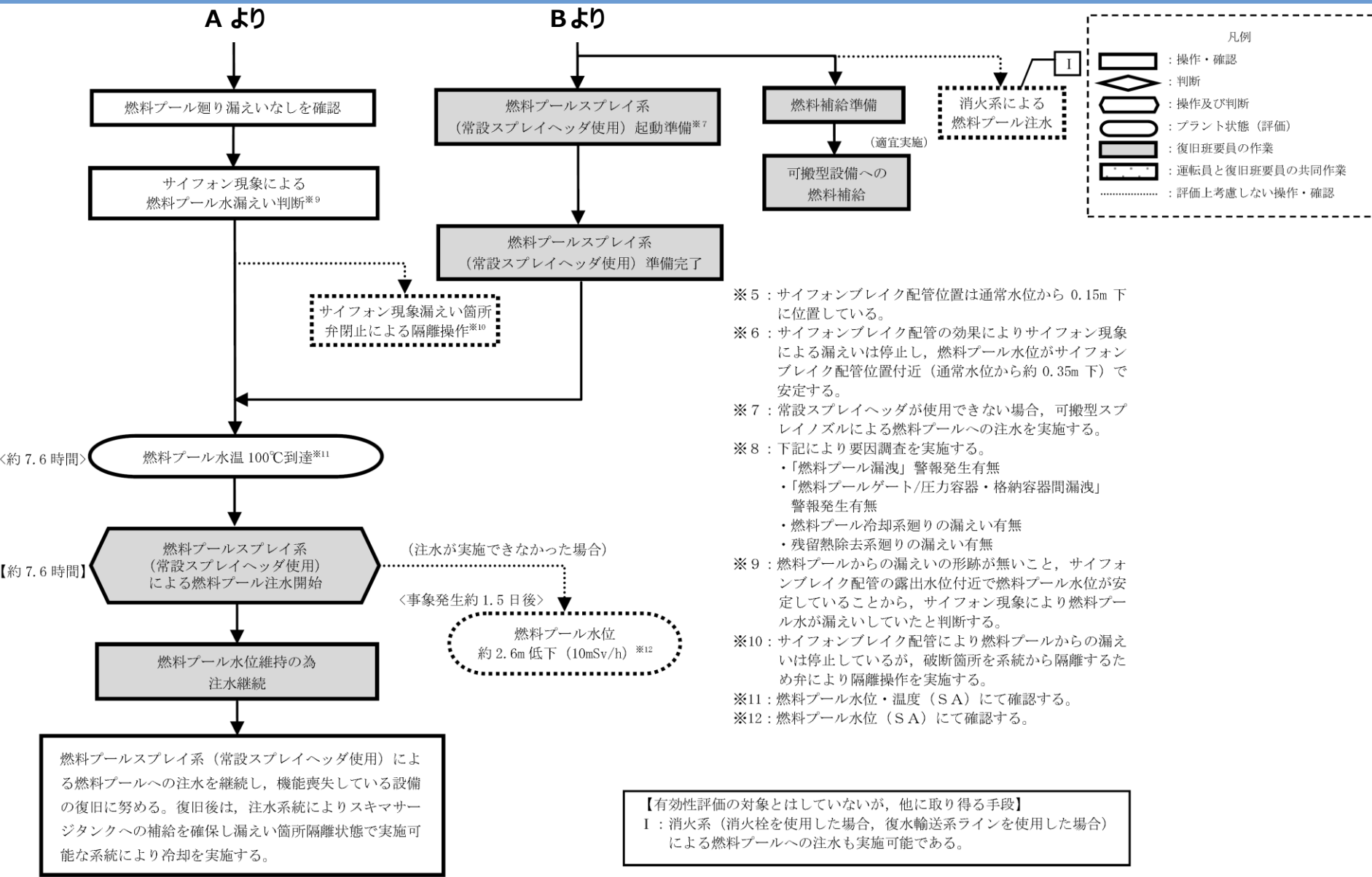
【 】 : 時刻 (評価条件)  
 < > : 時刻 (評価結果)



- ※ 1 : 中央制御室にて各機器の停止を, 燃料プール水位・温度 (S A), 状態表示ランプ, 警報, ポンプ出口流量等により確認する。
- ※ 2 : 残留熱除去系, 燃料プール補給水系及び復水輸送系の再起動が困難な場合, 燃料プールの注水機能が喪失であることを確認する。燃料プールの注水機能は, 燃料プール水位・温度 (S A), 状態表示ランプ, 警報, ポンプ出口流量等により確認する。
- ※ 3 : 重大事故等発生を通信連絡設備により確認した現場作業員は退避を実施する。なお, 全ての作業員が退避するまでの時間は, 1 時間 30 分程度である。
- ※ 4 : 注水機能喪失により冷却機能を起動してもスキマサージタンク水位低によりトリップするため機能喪失を判断する。



# 2.4 想定事故2 対応手順の概要 (2/2)



## 2.5 想定事故 2 有効性評価の結果

### 【想定事故 2 における有効性評価の結果】

➤ 表 2-2 に示す評価項目について、評価結果が満足することを確認した。

表2-2 評価結果

評価項目	評価結果	
燃料有効長頂部が冠水していること	冠水を維持（通常水位から約0.35m低下）	図2-1
放射線の遮蔽が維持される水位を確保すること	放射線の遮蔽が維持される水位※を確保（通常水位から約0.35m低下）	図2-2
未臨界が維持されていること	燃料はボロン添加ステンレス鋼製ラックセルに貯蔵されており、未臨界は維持	—

※：必要な遮蔽の目安とした線量率10mSv/hとなる燃料プール水位は、通常水位から約2.6m下の位置

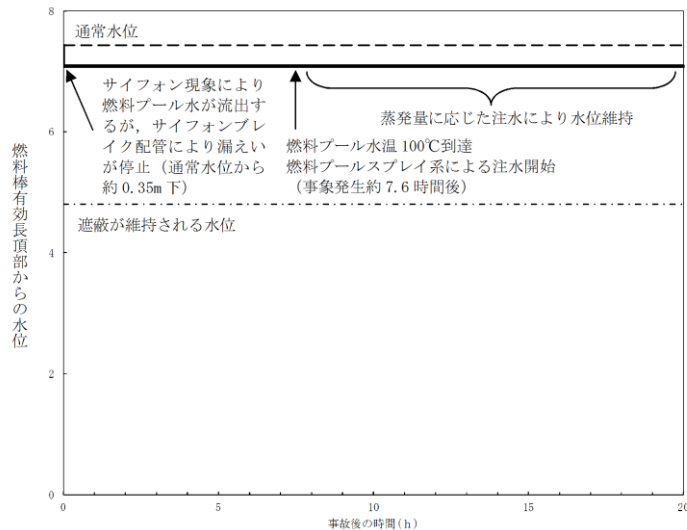


図2-1 燃料プール水位の推移

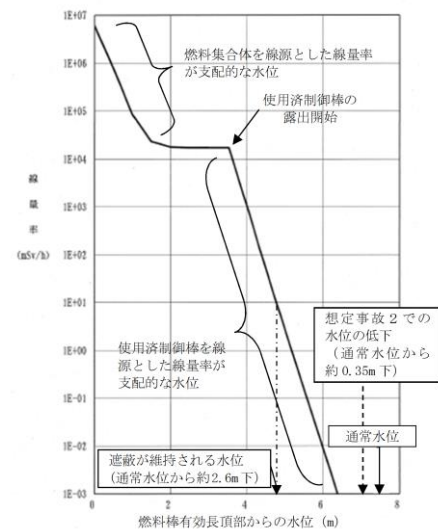


図2-2 燃料プール水位と線量率の推移

## 2.6 想定事故 2 必要な要員及び資源の評価

### 【想定事故 2 における必要な要員及び資源の評価結果】

- 表2-3のとおり，重大事故等対策に必要な要員は，緊急時対策要員にて確保可能であり，また，必要な水源，燃料及び電源を供給可能である。

表2-3 要員及び資源の評価結果

評価項目	必要な要員，数量	保有要員，数量
要員	緊急時対策要員：26名 【内訳】 〔運転員：5名 通報連絡等※を行う要員：5名 復旧班要員：16名〕	緊急時対策要員：40名 【内訳】 〔運転員：5名 通報連絡等※を行う要員：5名 復旧班要員：30名〕
水源	約2,100m <sup>3</sup>	輪谷貯水槽（西）：約7,000m <sup>3</sup>
燃料	非常用ディーゼル発電機等による 電源供給：約700m <sup>3</sup>	ディーゼル燃料貯蔵タンク ：約730m <sup>3</sup>
	大量送水車の運転継続 ：約11m <sup>3</sup>	ガスタービン発電機用軽油タンク ：約450m <sup>3</sup>
	緊急時対策所用発電機による 電源供給：約9m <sup>3</sup>	緊急時対策所用燃料地下タンク ：約45m <sup>3</sup>
電源	重大事故等対策時に必要な負荷は，非常用ディーゼル発電機等の負荷に含まれることから，非常用ディーゼル発電機等による電源供給が可能である。	

※：指示者 1 名，連絡責任者 1 名，連絡担当者 3 名

### **3. 審査会合での指摘事項に対する回答**

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (燃料プールにおける燃料損傷防止対策)

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
1	平成27年3月17日	初期水位について、スロッシングを考慮して説明すること。	P21
2	平成27年3月17日	事象検知の観点からSFPの常時監視項目等を整理して説明すること。	P22
3	平成27年3月17日	有効性評価方法の説明については、関連する補足説明資料を適切にひも付けするとともに、水位評価の保守性を説明すること。	P23
4	平成27年3月17日	保有水量に関して、高さと断面積との関係を説明すること。	P24
5	平成27年3月17日	熱電対式水位計について、気相部分の熱電対が蒸気に覆われた場合でも信頼性があることを説明すること。	P25
6	平成27年3月17日	線量率と水位の関係について、水位が下がっても線量が変わらないこと及び評価点の設定の考え方について、詳細に説明すること。	P26
7	平成27年3月17日	定期検査中の要員数を今後見直すとしているが、大規模損壊など全体を踏まえて検討すること。	P27
8	平成27年3月17日	異物の混入について、手すりに養生シートをつけているケースがないことを説明すること。	P29
9	平成27年3月17日	プール水の小規模な喪失としてサイフォン現象を説明しているが、サイフォン現象以外についてもSFPからの水の流出の可能性を整理した上で想定事故2の想定を説明すること。(大規模損壊との関係を含む。)	P30
10	平成27年3月17日	プールゲートの健全性について説明すること。	P31
11	平成27年3月17日	未臨界性について、ラックの種類等を整理して説明すること。	P32

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.1)

- 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年3月17日) )  
初期水位について, スロッシングを考慮して説明すること。

- 回答

- 初期に地震起因のスロッシングが発生した場合の溢水評価結果は, 最大で通常水位から約0.84m低下することを確認した。
- 燃料プール水位が放射線の遮蔽が維持される最低水位に到達するまでの時間及び燃料棒有効長頂部まで低下する時間を評価した。結果を下表に示す。

事象	遮蔽が維持される (10mSv/h)最低水位に 到達するまでの時間	燃料棒有効長頂部に到達 するまでの時間
想定事故 1	約1.2日 【約1.7日】	約3.5日 【約3.9日】
想定事故 2	約1.2日 【約1.5日】	約3.5日 【約3.7日】

【 】内の値は有効性評価 (スロッシングなしの場合) での評価結果を示す

- 事象発生から2時間30分後までに, 燃料プールスプレイ系による注水が可能であることから, 初期に地震起因のスロッシングが発生した場合でも, 燃料有効長頂部は冠水し, 必要な遮蔽が維持される水位は確保される。

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No. 2)

- 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年3月17日) )  
事象検知の観点からSFPの常時監視項目等を整理して説明すること。
- 回答

通常時の燃料プールの関連パラメータについて監視対象、監視方法及び確認頻度を下表に示す。  
表に示す監視項目について、運転員による中央制御室での定期的なパラメータ確認及び現場での状態確認を行うことにより、燃料プールの冷却機能喪失や水位低下 (漏えい) を検知することが可能である。

監視項目	監視対象	検出器の種類	監視方法	確認頻度	異常発生に伴う警報確認	備考
スキマサージタンクの水位	・スキマサージタンク水位【既設】	・差圧式	・パラメータ確認	1回/時間 (定期検査時) 1回/時間 (原子炉運転時)	・水位高/低の警報発生時	水位低による燃料プール冷却ポンプトリップのインターロック有
燃料プールの水位	・燃料プール水位※1【既設】 ・燃料プール水位・温度(SA)※2【新設】	・フロート式 ・熱電対(ヒータ付)	・パラメータ確認  ・現場状態確認	1回/時間 (定期検査時) 1回/時間 (原子炉運転時)  1回/日 (現場パトロール時)	・水位高/低の警報発生時 (燃料プール水位) ・水位低の警報発生時 (燃料プール水位・温度(SA))	燃料プール水位(SA)※3【新設】及び燃料プール監視カメラ(SA)※3【新設】による通常時の状態確認も可能
燃料プールの水温	・燃料プール冷却ポンプ入口温度※1【既設】 ・燃料プール温度※1【既設】 ・燃料プール水位・温度(SA)※2【新設】 ・RHR熱交換器入口温度※1【既設】	・熱電対 ・熱電対 ・熱電対(ヒータ付) ・熱電対	・パラメータ確認	1回/時間 (定期検査時) 1回/時間 (原子炉運転時)	・FPCポンプ入口温度高の警報発生時 (燃料プール冷却ポンプ入口温度) ・温度高の警報発生時 (燃料プール温度/燃料プール水位・温度(SA))	—
燃料プールの冷却系の運転状態	・FPC, RHRの運転状態	—	・現場状態確認	1回/日 (現場パトロール時)	・系統故障警報等の発生時	—
漏えいの有無	・ライナドレンフローグラス【既設】 (燃料プールライナドレン漏えい水位※1【既設】) ・燃料プールゲートドレン受【既設】 (燃料プールゲート漏えい流量【既設】)	・— (フロート式) ・— (面積式)	・現場状態確認	1回/日 (現場パトロール時)	・燃料プール漏えいの警報発生時 (燃料プールライナドレン漏えい水位) ・燃料プールゲート間漏えいの警報発生時 (燃料プールゲート漏えい流量)	—
燃料プールエリアの線量率	・燃料取替階エリア放射線モニタ※1【既設】	・電離箱	・パラメータ確認	1回/時間 (定期検査時) 1回/時間 (原子炉運転時)	・R/B放射線高の警報発生時	燃料プールエリア放射線モニタ (高レンジ・低レンジ) (SA)※3【新設】による通常時の状態確認も可能

※1 設計基準対象施設：通常時及び設計基準事故時に監視 (設置許可基準規則第16条対象設備)

※2 設計基準対象施設 兼 重大事故等対処設備：通常時、設計基準事故時及び重大事故等時に監視 (設置許可基準規則第16条及び第54条対象設備)

※3 重大事故等対処設備：重大事故等時に監視 (設置許可基準規則第54条対象設備)

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.3）

- 指摘事項（第207回審査会合（平成27年3月17日））  
有効性評価方法の説明については、関連する補足説明資料を適切にひも付けするとともに、水位評価の保守性を説明すること。

- 回答

- 有効性評価では、以下の仮定に基づく評価を行っている。（添付資料4.1.1記載）

- ＜保守的な仮定＞

- ・ 燃料プールの水面、壁面等からの放熱を考慮せず、崩壊熱が全て燃料プール水温上昇及び蒸発に寄与するものとしている。
    - ・ 燃料プール水温の温度変化に対する比熱及び密度の評価にて、時間を短く評価する最も厳しくなる値を想定している。

- ＜非保守的な仮定＞

- ・ 簡易的な評価とするために燃料プール水温を全て均一の温度とし、プール全体が100℃に到達した時間を沸騰開始としており、燃料プール水温の非一様性を考慮していない。なお、発熱源は燃料プール下方に位置する燃料集合体であり、自然対流の効果により非一様性は緩和される。
  - 仮に、事象発生直後から燃料プール水が沸騰（100℃）し、燃料プール水位の低下が開始すると想定した場合の評価結果を下表に示す。

事象	遮蔽が維持される(10mSv/h)最低水位に到達するまでの時間	燃料棒有効長頂部に到達するまでの時間
想定事故 1	約1.4日【約1.7日】	約3.6日【約3.9日】
想定事故 2	約1.2日【約1.5日】	約3.4日【約3.7日】

【 】内の値は有効性評価での評価結果を示す

- 事象発生から2時間30分後までに、燃料プールスプレイ系による注水が可能であることから、燃料有効長頂部は冠水し、必要な遮蔽が維持される水位は確保される。



### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.4)

#### ■ 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年3月17日))

保有水量に関して、高さと断面積との関係を説明すること。(水位低下評価及び線量率評価をするうえで必要となる数値及び算出方法を説明すること)

#### ■ 回答

- 水位低下評価及び線量率評価をするうえで必要となる燃料プールの各領域の高さ、断面積、保有水容積及び算出方法は以下のとおり。

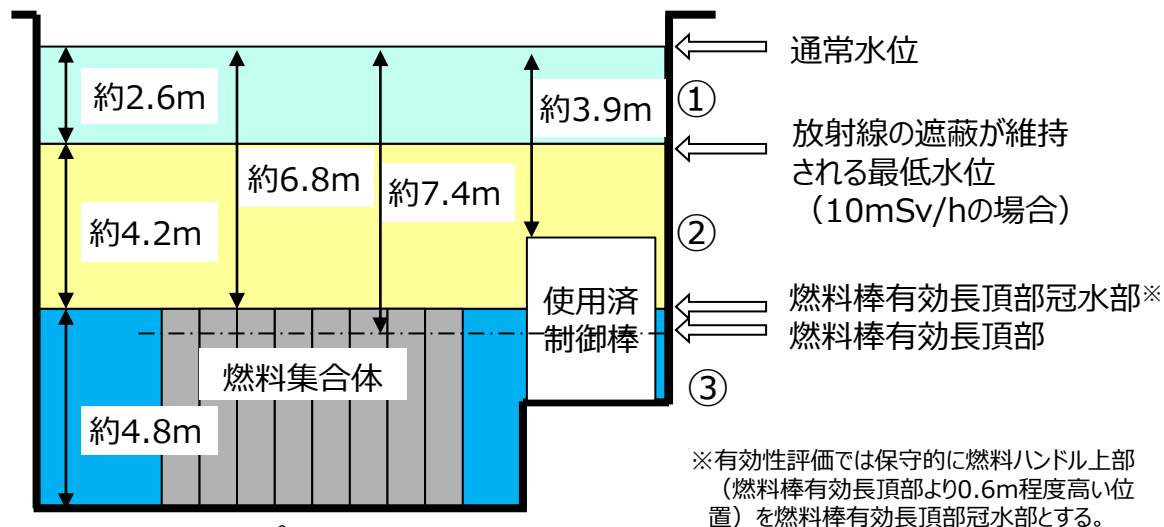


図 燃料プールの構造高さ

領域	断面積 (m <sup>2</sup> )	保有水容積 (m <sup>3</sup> )
①	約167	約439
②	約167	約704
③	約95	約456
合計		約1,599

#### 【算出方法】

- 図に示す各領域①～③の保有水の容積は、燃料プール容積から燃料プール内の機器の容積を差し引くことで算出した。
- 各領域の断面積は、①の領域では燃料プールの寸法より求めた断面積を使用し、②、③の領域では求めた各領域の容積から高さで除して求めた。

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.5)

#### ■ 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年3月17日))

熱電対式水位計について、気相部分の熱電対が蒸気に覆われた場合でも信頼性があることを説明すること。

#### ■ 回答

- 燃料プール水位・温度 (S A) は、熱電対とヒータが一体となったヒータ付熱電対を使用した検出器であり、気中と水中の熱伝達率の違いを利用し、ヒータ加熱開始前後の熱電対の温度変化を確認することで、プール水位の計測が可能。
- 燃料プール水の沸騰により、水位計の気相部分が蒸気に覆われた場合を想定した模擬試験を実施し、蒸気環境下においても計測可能であることを確認 (試験結果は下図のとおり)。

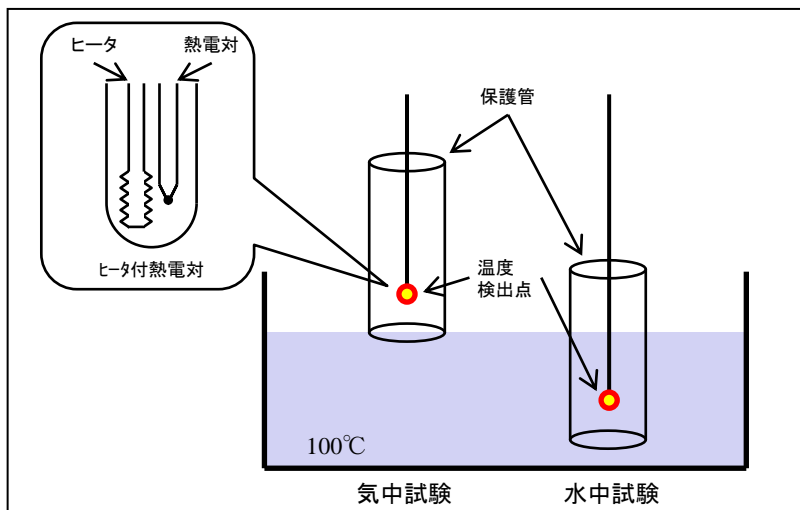


図1 試験イメージ

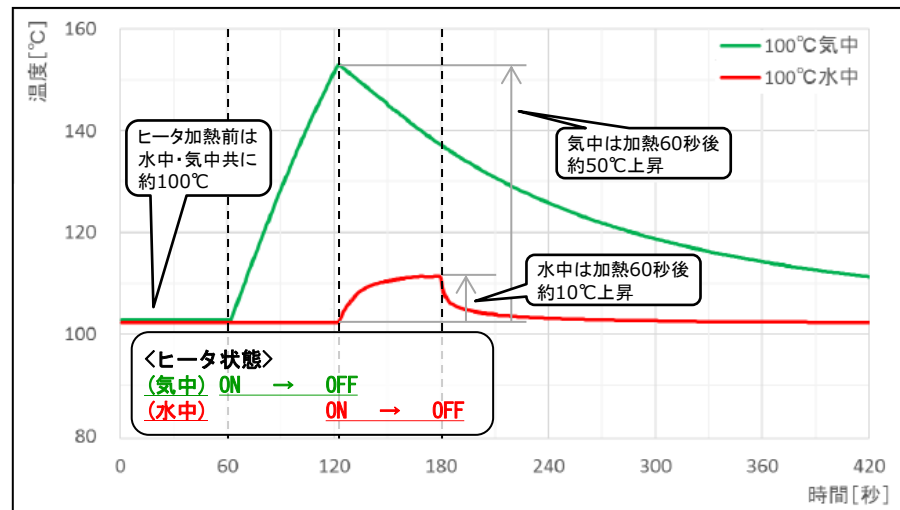


図2 試験結果

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No. 6)

- 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年 3月17日))  
線量率 (使用済制御棒) と水位の関係について、水位が下がっても線量が変わらないこと及び評価点の設定の考え方について、詳細に説明すること。

#### ■ 回答

- 遮蔽評価を行う際は、線源材料に密度を設定することで自己遮蔽等の評価を行うが、その密度の設定を本評価では使用済制御棒を構成している遮蔽性能の大きいステンレス等ではなく、遮蔽性能の低い水としている。そのため、水位低下により使用済制御棒の露出が開始した際の線量率と、完全に露出した後の線量率にあまり差異がない結果となる。(図1参照)
- なお、使用済制御棒を線源としてモデル化する際に、制御棒貯蔵ハンガに格納されている状態において、本来線源が存在しない使用済制御棒間にも線源が存在する想定をすることで、線源の体積としては約1.9倍となることから、実際よりも保守的なモデルとしている。
- 評価点は、水位低下における線量率を厳しく評価するため、各線源の真上にある燃料取替機台車床としている。(図2参照)

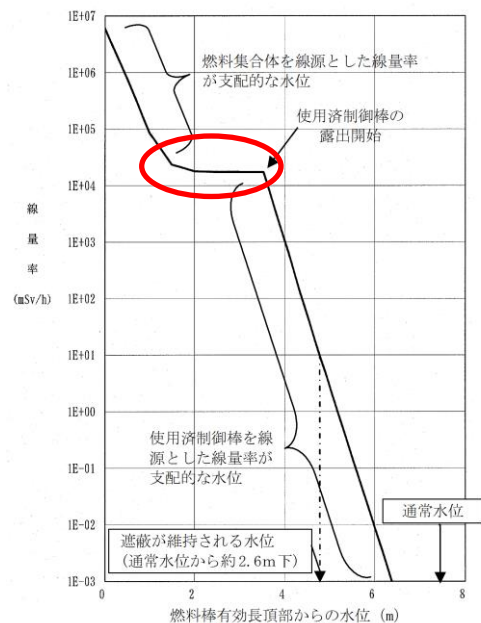


図1 燃料プール水位と線量率の推移

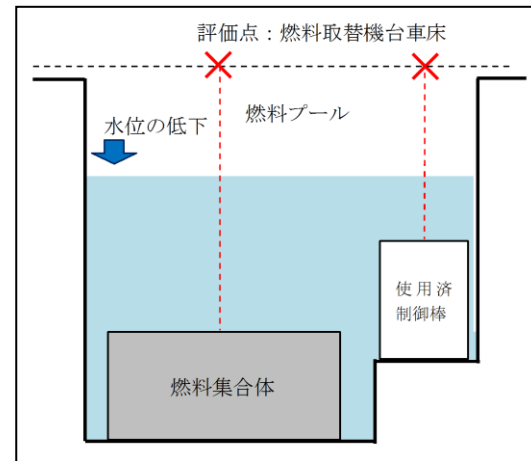


図2 評価点

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.7）（1/2）

- 指摘事項（第207回審査会合（平成27年3月17日））  
定期検査中の要員数を今後見直すとしているが、大規模損壊など全体を踏まえて検討すること。
- 回答
  - 第207回審査会合時、復旧班要員について、「定期検査中の要員数を今後検証により見直す」としていたが、復旧班要員の要員数は見直さない。
  - 重大事故等発生時及び大規模損壊発生時において、事象の種類及び事象の進展に応じた確かつ柔軟に対処できるよう、2号炉運転員並びに、通報連絡等を行う要員及び復旧班要員は、原子炉運転中及び原子炉停止中を通して、以下のとおり確保する。

原子炉の状態	運転員	通報連絡等を行う要員及び復旧班要員
運転、起動及び高温停止の場合	7名※3	35名
冷温停止※1及び燃料交換※2の場合	5名※4	35名

※1 原子炉モードスイッチ：燃料交換または停止，原子炉圧力容器締付ボルトの状態：全ボルト締付，  
原子炉冷却材温度：100℃未満

※2 原子炉モードスイッチ：燃料交換または停止，原子炉圧力容器締付ボルトの状態：1本以上が緩められていること

※3 当直長1名，当直副長1名，運転員5名

※4 当直長1名，当直副長1名，運転員3名

- 上表の確保人数は、技術的能力に係る各手順における必要な要員数とし、大規模損壊対応のケーススタディにおいて対応可能であることを確認している。  
なお、有効性評価の重要事故シーケンスにおける、「炉心損傷防止対策」及び「格納容器破損防止対策」、また、「運転停止中の原子炉における燃料損傷防止対策」及び「燃料プールにおける燃料損傷防止対策」において、その確保人数による成立性を確認している。

# 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.7) (2/2)

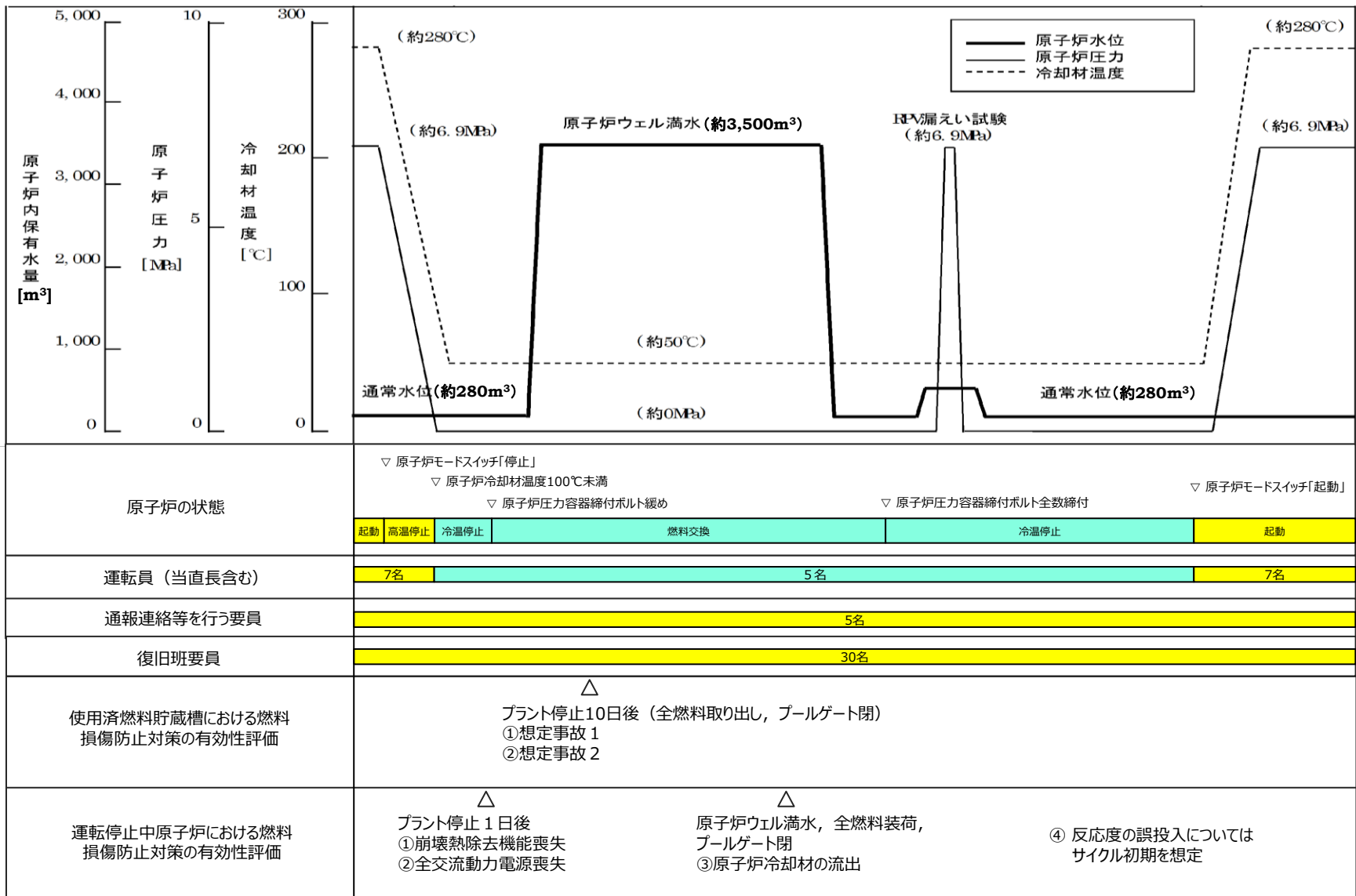


図1 定期検査工程における重要事故シーケンスと要員数について

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.8）

- 指摘事項（第207回審査会合（平成27年3月17日））  
異物の混入について、手すりに養生シートをつけているケースがないことを説明すること。
  
- 回答
  - 燃料プールの近傍は異物混入防止エリアとして設定し、原則シート養生を実施しない運用としているが、定期検査時の作業等においてプール内への異物混入防止のために養生が必要となる場合には、必要箇所の養生を行うことがある。
  - 燃料プール周辺で使用する養生シートについては、燃料プール内に落下した場合における発見の容易さを考慮し、色付きのものを使用することとしていることから、万一、地震によるスロッシング等により燃料プール内に養生シートが流れ込んだ場合でも、地震発生後の運転員の巡視及びカメラを用いた中央制御室からの確認により、浮遊物等の発見ができ、除去が可能である。

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答（No.9）

#### ■ 指摘事項（第207回審査会合（平成27年3月17日））

プール水の小規模な喪失としてサイフォン現象を説明しているが、サイフォン現象以外についてもSFPからの水の流出の可能性を整理した上で想定事故2の想定を説明すること。（大規模損壊との関係を含む。）

#### ■ 回答

- 燃料プールからの漏えいを引き起こす可能性のある事象を複数想定し、事象発生の可能性、事象の影響について、下表のとおり整理した。
- サイフォン現象が発生した場合、燃料プール水位が燃料プール底部付近まで低下する可能性があり、また注水ラインの破断により対応可能な注水手段が限定されることから、有効性評価においては「①サイフォン現象による漏えい」を選定している。

想定事象	事象発生の可能性 （地震（基準地震動）による影響）	事象の影響 （漏えい停止時における燃料プール水位）
① サイフォン現象による漏えい	大	燃料プール底部付近
② 燃料プールライナー部の損傷	小	破損想定による
③ 燃料プールゲートの損傷	小	燃料プールゲート下端 （燃料が冠水された状態で漏えい停止）
④ 燃料プールゲート開放時の原子炉ウェル及び気水分離器・蒸気乾燥器ピットライナー部の損傷	大	燃料プールゲート下端 （燃料が冠水された状態で漏えい停止）
⑤ 地震発生に伴うスロッシングによる漏えい	大	通常水位より約0.84m下 （燃料が冠水された状態で漏えい停止）

- なお、大規模損壊は、上記①～⑤の事象において、常用の注水設備及び重大事故等対処設備による注水操作ができない状態、漏えいが継続する状況及び常用の注水設備及び重大事故等対処設備による注水能力を超える漏えいにより水位が維持できない状況を想定した事象である。

### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.10)

- 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年3月17日) )  
プールゲートの健全性について説明すること。

- 回答

- a. 強度上の健全性の確保

- ①燃料プールゲートを設置するフック及びストッパーは、基準地震動  $S_s$  による地震荷重に対し強度上問題ない。
- ②燃料プールゲートは、基準地震動  $S_s$  による地震荷重、静水圧及び動水圧 (スロッシング荷重) に対して強度上問題ない。

- b. シート性能の確保

- ①燃料プールゲートは、原子炉ウェルと燃料プールの流路に二重に設置している (図1, 2 参照)。
- ②燃料プールゲートのパッキンは二重シールとしている (図3 参照)。
- ③燃料プールゲートパッキンの材質はシリコンゴムであり、燃料プール保有水が沸騰した場合においてもシート性能は確保可能である。(耐水試験 (JIS K 6258) : 100℃ - 72h, 圧縮永久ひずみ試験 (JIS K 6262) : 150℃ - 72h)



図1 シート部の詳細 (燃料プール側)

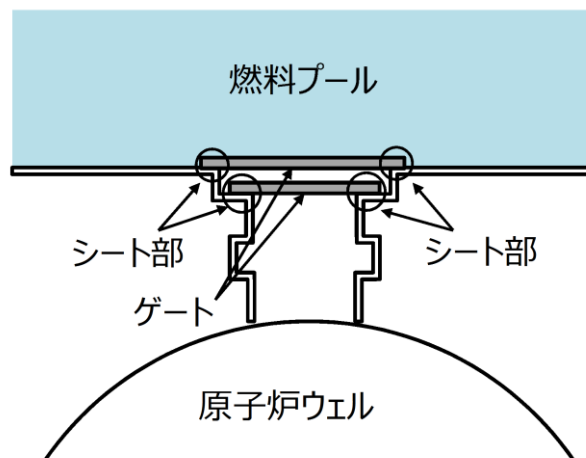


図2 平面図

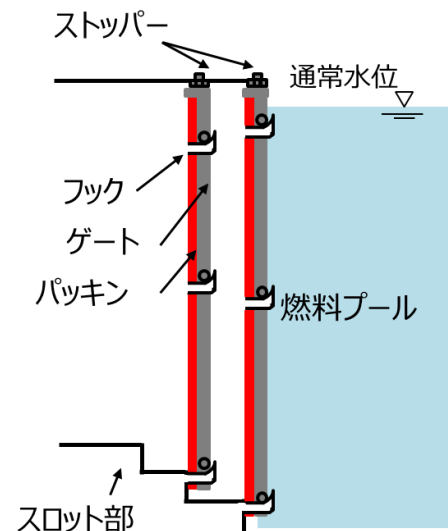


図3 断面図



### 3. 審査会合での指摘事項に対する回答 (No.11)

- 指摘事項 (第207回審査会合 (平成27年3月17日) )  
未臨界性について, ラックの種類等を整理して説明すること。
- 回答
  - 中性子の強吸収体であるボロンを添加したステンレス鋼製ラックに燃料を貯蔵している。
  - 燃料プール水の沸騰など水密度が変化する場合において, 未臨界が維持できることの確認を実施。

評価条件	水密度を $1.0 \sim 0.0 \text{g/cm}^3$ と変化させて実効増倍率を評価
評価結果	水密度の減少に伴い, 実効増倍率は単調に減少することから, 水密度が減少する事象が生じた場合でも未臨界は維持されることを確認。

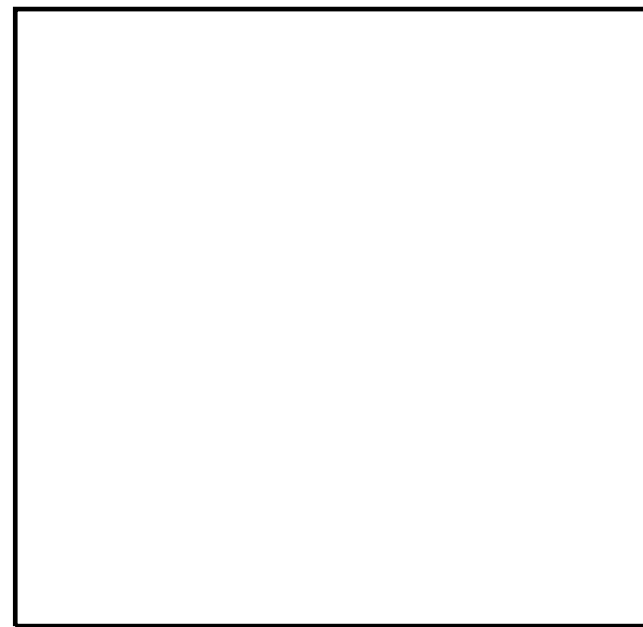


図1 実効増倍率の水密度依存性